

Monitoreo por sensores en la Agricultura de Precisión: Lo que los sensores nos dicen sobre las condiciones ambientales de los cultivos

Nuestros bisabuelos y sus antepasados no utilizaban sensores, pero conocían perfectamente sus campos. Esto porque literalmente tenían los pies en la tierra. Ellos tenían que caminar por todos sus terrenos cuando sembraban, desmalezaban o araban con mulas. Además, tenían el tiempo de darse cuenta qué terrenos eran mejores que otros. Con la llegada del tractor y de la mecanización de la agricultura en general, las cosas empezaron a ir más rápido y los campos fueron cada vez más grandes, y esa es la razón de por qué ahora se necesitan sensores para entregarle a los agricultores la información que alguna vez tuvieron.

En esta 4ª edición de Precision Ag Corner vamos a descubrir cómo los distintos sistemas de monitoreo con sensores pueden ayudar a los agricultores a obtener información sobre el entorno de sus cosechas.

En la próxima edición de la revista, analizaremos las técnicas que permiten monitorear las propiedades de las cosechas en sí mismas.

Jaume Arnó, José A. Martínez-Casanovas y Alexadre Escolà, del Centro Agro-técnico de la Universidad de Lérida en Cataluña, España.

En la primera edición de Precision Ag corner introdujimos el ciclo de la agricultura de precisión y en la segunda hicimos una descripción de los sistemas globales de navegación satelital (GNSS). La primera fase del ciclo de la agricultura de precisión es la adquisición de datos. En esta etapa, el objetivo es detectar la variabilidad espacial y/o temporal por medio de la observación o utilizando sensores. Posteriormente se analizarán los datos para convertirlos en información (2ª fase), para tomar decisiones de manejo informado (3ª fase), y que luego será implementadas en terreno (4ª fase). Esta edición revisa los aspectos generales de las técnicas de monitoreo por sensores, y algunos de los sensores más comunes y sus técnicas en la agricultura de precisión que se utilizan con el GNSS para obtener datos de suelo georreferenciados.

DIVERSAS TÉCNICAS DE MONITOREO POR SENSORES

Las técnicas de monitoreo se pueden clasificar en proximales o remotas, dependiendo de la distancia que existe entre el sensor y su objetivo. Técnicamente, se considera como monitoreo por sensor remoto o a distancia cualquier medición obtenida sin el

contacto con el elemento que se está midiendo. Esto nos lleva a considerar que todas las técnicas utilizadas en la agricultura de precisión son remotas. Sin embargo, hay acuerdo en que las técnicas de monitoreo por sensores de proximidad son las que se utilizan en las mediciones en el suelo. Por lo tanto, se consideran como remotas todas las técnicas de medición mediante drones, aeronaves o satélites.

La tabla 1 muestra los pros y los contras de ambas técnicas de monitoreo por sensores.

En cuanto a la resolución espacial de las mediciones, algunos sistemas de monitoreo por sensores de proximidad (registro de sensores y datos) sólo pueden tomar mediciones en un solo lugar. Esto se debe a que algunos sensores necesitan de una instalación especial o deben accionarse manualmente. Otros sensores pueden obtener mediciones continuas durante un tiempo sin mayores requisitos de monitoreo, y sólo necesitan ser trasladados a distintos sectores del campo mientras registran los resultados y las coordenadas del receptor GNSS para obtener mediciones georreferenciadas. Estas últimas, se conocen normalmente como técnicas de sensores de medición continua.

Cuando estos sensores están fijos en el terreno, por ejemplo, los sensores enterrados para medir la humedad del suelo, o los sensores que están fijados a la fruta, pueden entregar datos de alta resolución temporal a los agricultores. Sin embargo, la resolución espacial es generalmente muy baja debido a que depende del número de sensores que se han instalado en el terreno. Lo más frecuente es que haya solo uno o algunos sensores por hectárea por lo que la ubicación de los sensores es un tema importante que debe ser considerado con anticipación. Este tipo de sensores generalmente está conectado por comunicación inalámbrica, en lo que se conoce como red de sensores inalámbricos (WSN, por su sigla en inglés).

Como alternativa, los sistemas de sensores de medición continua pueden entregarles a los agricultores datos de muy alta resolución espacial. En esos casos, la resolución temporal dependerá de los tiempos en que se lleve el sistema al campo, teniendo comúnmente como resultado una serie de datos de baja resolución temporal. Finalmente, los sensores de operación manual entregan datos de baja resolución espaciotemporal.

Dependiendo del tipo de medición, los

Tabla 1. Los pros y contras de las técnicas de monitoreo por sensores de proximidad o remotas

MONITOREO CON SENSOR DE PROXIMIDAD	MONITOREO CON SENSOR REMOTO
<ul style="list-style-type: none"> +Normalmente muy alta resolución espacial +Tecnologías más simples +Posibilidad de usar varios sensores al mismo tiempo +Capacidades operativas derivadas de la medición continua manteniendo las condiciones ambientales 	<ul style="list-style-type: none"> +No hay contacto con el cultivo o el suelo +Mediciones a gran escala (terreno, campo, región) +Mantenimiento de mediciones instantáneas (disparo único)
<ul style="list-style-type: none"> -Necesidad de ir al terreno -Mediciones a pequeña escala -Mayor tiempo de adquisición (teniendo como resultado diferentes condiciones ambientales) 	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente menor resolución espacial -Técnicas normalmente más costosas -Más dependiente de la meteorología -Necesita correcciones atmosféricas cuando utiliza satélites

sensores pueden medir directamente las propiedades o parámetros del cultivo y de su entorno, o hacer una estimación indirecta de ellos.

En relación con lo anterior, algunos sensores pueden medir la altura y anchura del follaje o incluso la producción de grano. Las técnicas de detección indirecta deben establecer previamente correlaciones entre observaciones simples y estimaciones complejas. Tal es el caso de las técnicas de teledetección, donde la reflectancia luminica en diferentes bandas espectrales se utiliza para calcular índices radiométricos que están correlacionados con los fenómenos fisiológicos del cultivo.

MONITOREO POR SENSORES DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO: LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA COMO CLAVE PARA ENTENDER LO QUE ESTÁ PASANDO EN UN CAMPO

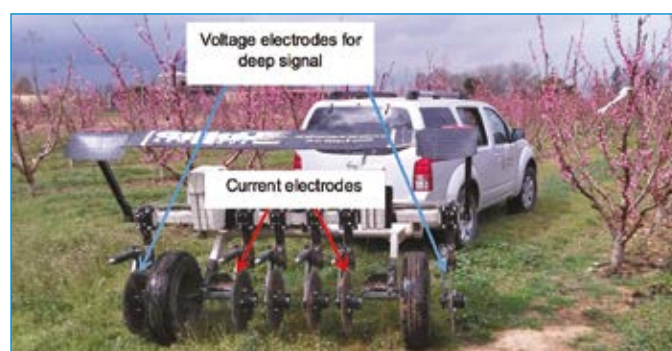
La producción y el crecimiento de los cultivos se ven indudablemente afectados por el suelo donde se arraigan las plantas dada la interacción planta-suelo. Pero lo más interesante es la falta de homogeneidad del suelo que puede darse en muchos potreros, existiendo una composición y propiedades físicas y químicas que pueden variar en espacio y profundidad. Estas variaciones se pueden encontrar en diferentes escalas espaciales. El resultado, a menudo, es una cosecha variable que depende de la ubicación y, tal como lo señalan reconocidos investigadores, el conocimiento de estas características espaciales podría ayudar a los agricultores a tomar mejores decisiones de manejo, basándose en delimitar en cada potrero las diferentes áreas con distintas condiciones de suelo y necesidades agronómicas.

Los sensores de suelo que se usan para mapear la conductividad eléctrica aparente del suelo (CEa en mS/m) se están utilizando con mayor frecuencia para entender y evaluar la variación espacial del suelo de zonas delineadas con manejo basado en CEa. Se pueden observar interesantes aplicaciones al respecto en terrenos de cultivo y, en la actualidad, se está empezando a usar como sistema

clave de monitoreo con sensores en el marco del cultivo de precisión de la horticultura y viticultura. La CEa tiene variaciones en una escala espacial similar, dependiendo de las propiedades fisicoquímicas del suelo,

medir la facilidad con la que pasa la corriente eléctrica a través del suelo. Los sensores de medición continua funcionan a través del contacto galvánico con el suelo (Fig. 1) introduciendo directamente una corriente

Figura 1. Sensor de conductividad eléctrica del suelo Veris 3100 analizando un huerto del melocotones.



y normalmente tiene una buena correlación con la salinidad, contenido de agua, y textura del suelo. Otras propiedades del suelo que afectan la conductividad son el carbono orgánico, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de carbonato de calcio. En condiciones no salinas, la textura del suelo (concretamente el contenido de arcilla y las bajas concentraciones de electrolitos disueltos) y el contenido hídrico de este son probablemente los dos factores preponderantes que influyen en la CEa. Por lo tanto, obtener un mapa de la CEa es una forma de evaluar indirectamente las variaciones de las propiedades del suelo dentro de cada parcela. Se utilizan habitualmente dos sistemas de monitoreo por sensores para medir la CEa, es decir, para

eléctrica en este mediante unas rejillas de laminación adecuadas que actúan como electrodos. El flujo de corriente se produce entre un par de rejillas de laminación normalmente situadas en la parte interior de las ruedas del implemento (inyección de electrodos). Otros pares de rejillas (dos en algunos casos) actúan como electrodos de voltaje proporcionando dos señales eléctricas correspondientes a dos profundidades diferentes. Las rejillas centrales de laminación suministran la llamada señal superficial correspondiente a la capa superior del suelo. La segunda señal (señal profunda) se logra con las rejillas rodantes situadas fuera de las ruedas porque, al estar más alejadas, el campo eléctrico del suelo permite explorar una profundidad mayor.

Tanto agricultores como asesores pueden beneficiarse de esta información obteniendo mapas de ambas señales (superficiales y profundas) para evaluar la variación espacial de la CEa e, indirectamente, los patrones espaciales de los vínculos propiamente dichos del suelo. Además, mediante la superposición de mapas, también pueden evaluar si el suelo es uniforme o no en profundidad para un mejor manejo de la irrigación y/o aplicación de fertilizantes.

A diferencia de los sensores de resistividad por contacto galvánico (GCR, en inglés), la CEa también se puede medir utilizando métodos basados en la inducción electromagnética (EMI, en inglés). En este caso, los sensores EMI introducen en el suelo un campo magnético primario y la corriente eléctrica se crea moviendo el sistema justo por encima del suelo, con cualquier contacto con este último. Esta corriente eléctrica inducida crea, a su vez, un campo magnético secundario cuya intensidad es detectada por el sensor y depende de las propiedades del suelo. Entre los sensores GCR, el Veris 3100 (Veris Technologies Inc., Salina KS, EE. UU.) (Fig. 1) y el sistema ARP03 (Geocarta Ltd., Francia) (Fig. 2) son bien conocidos en la Agricultura de Precisión. En el ámbito de los sensores EMI, los sensores EM 38-DD (Geonics Ltd, Mississauga, Ontario, Canadá) (Fig. 2) y los sensores Dualem (Ontario, Canadá) son los más conocidos. No es fácil elegir entre GRC e IME. Probablemente, la calibración es más complicada en los sensores inductivos. En cambio,

Figura 2. Sensor galvánico de resistividad acoplada ARP03 de Geocarta (iz.) y sensor de inducción electromagnética EM38-DD de Geonics (der.), con orientación horizontal y vertical (cortesía de Gebbers, 2016).



Entrevista con el Dr. Raj Khosla, Universidad Estatal de Colorado



El Dr. Raj Khosla es Profesor egresado de Robert E. Gardner en Agricultura de Precisión y trabaja en la Universidad Estatal de Colorado. Es fundador y ex presidente de la Sociedad Internacional de Agricultura de Precisión.

Usted es uno de los investigadores más influyentes en Agricultura de Precisión y ha seguido su evolución desde el principio. ¿Cuál ha sido la evolución y las lecciones aprendidas del monitoreo por sensores en cultivos y suelos desde que usted comenzó?

Sí, la agricultura de precisión ha avanzado mucho desde su creación. Yo diría que en las últimas dos décadas se ha invertido una gran cantidad de tiempo, dinero y recursos en cuantificar la variabilidad espacial, principalmente en suelos y luego también en cultivos. En la última década, gracias a una amplia gama de sensores disponibles en el comercio, hemos podido identificar los suelos valiéndonos de su conductividad eléctrica, y hemos podido determinar la variabilidad en el dosel de cultivo utilizando un conjunto de sensores de reflectancia. Sin embargo, creo que todavía nos queda un largo camino por recorrer. Déjeme explicarle. Por ejemplo, si

usted mira cualquier sensor de reflectancia y su índice vegetativo, verá que le indica estrés biótico o abiótico, pero no le dice realmente qué estrés en particular o la causa de ese estrés. Por ejemplo, cuando utilizamos el NDVI generalmente es para tomar decisiones respecto al nitrógeno, cuando en realidad el NDVI sólo nos dice que hay una anomalía, la cual asumimos inteligentemente (utilizando algoritmos), relacionada con el nitrógeno pero no necesariamente sabemos que la deficiencia de nitrógeno es la causa, porque podría ser clorosis férrica, una plaga de insectos o infestación por plagas que hizo que la planta se viera pálida o muchos otros factores que dan como resultado un NDVI bajo. Por lo tanto, lo que tenemos en este momento en términos de monitoreo por sensores, lo clasificaría como sensores de primera generación. Con el tiempo, esperamos tener sensores que permitan una clasificación precisa del problema detectado en los campos.

En los últimos años han aparecido muchos sensores de vigor y técnicas de monitoreo por sensores en el mercado, pero parece no haber un modelo estándar aceptado en los índices de vegetación, bandas espectrales, metodología, etc. ¿Cómo cree que esto está afectando las aplicaciones de la agricultura de precisión, la comparación entre estaciones y la toma de decisiones?

Creo que saca a colación un buen punto. La razón por la que los agricultores reaccionan con lentitud a la hora de adoptar estas nuevas formas de recomendaciones basadas en sensores es que, como he mencionado antes, no sabemos exactamente qué es lo que está causando el estrés de la planta. ¿Está realmente impulsado por la deficiencia de nitrógeno o existe un conjunto más amplio de respuestas

de cultivo que pueden ser captadas por los índices vegetativos actualmente disponibles para los agricultores? Yo diría que el NDVI ha sido uno de los índices vegetativos más ampliamente utilizados. Hoy en día, si se invierte el dinero de la investigación en este espacio, estamos desarrollando nuevos índices como los vegetativos basados en el borde rojo, que nos están proporcionando una mejor respuesta espectral a las aberraciones. Y así, poco a poco seguiremos aprendiendo este proceso hasta tener un monitoreo por sensores que pueda informarnos con precisión sobre las deficiencias prevalecientes en el cultivo.

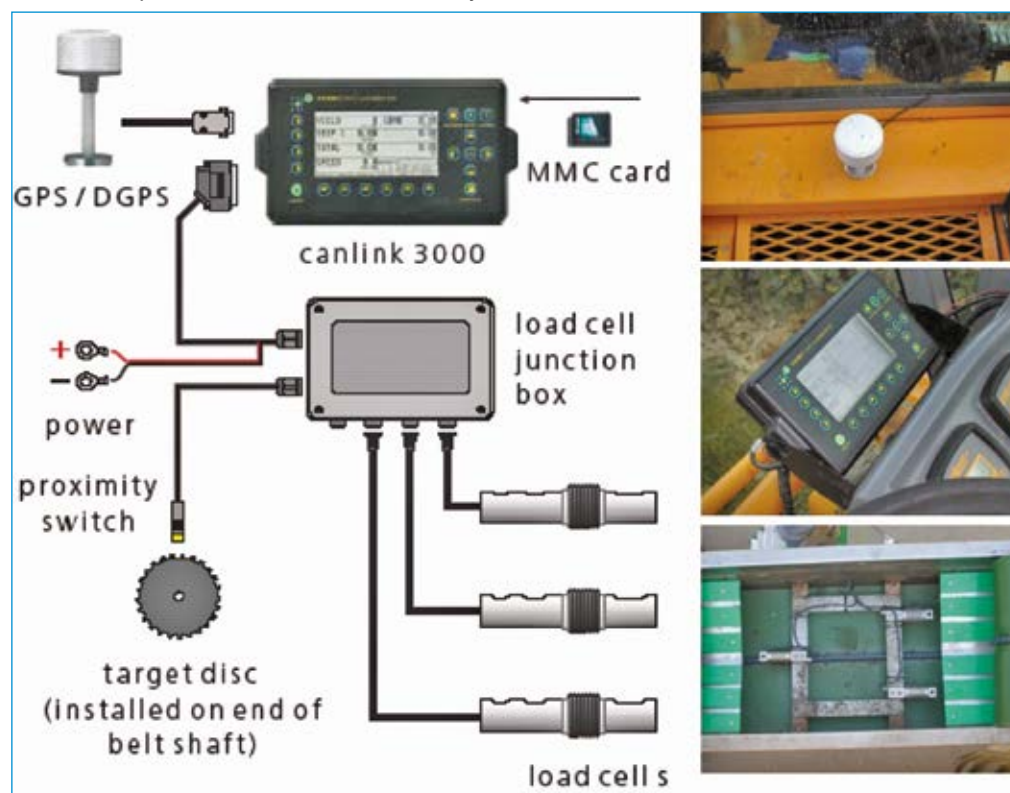
En muchos dispositivos, como los sensores de suelo, la salida del sensor puede darnos una idea de la variabilidad espacial de la señal. Sin embargo, la señal del sensor se relaciona generalmente con muchas propiedades del suelo y no se puede dar un diagnóstico simple o sencillo. ¿Cree que esto sigue siendo útil?

Tiene toda la razón. La señal del sensor es la culminación de un gran número de propiedades que se capturan colectivamente en la respuesta del sensor. Y se puede pensar que tiene un valor limitado porque no señala la causa exacta. Dicho esto, una de las ventajas de los sensores existentes es la capacidad de cartografiar grandes franjas de tierra en un período de tiempo relativamente corto sin tener que excavar calicatas y destruir el suelo, ahorrando dinero, mano de obra y tiempo. Y lo que hace es capturar patrones de variabilidad espacial en el campo. Creo que hay un gran valor en saber dónde están los cambios en el suelo y averiguar cuál es la causa de estos cambios al pasar de un terreno a otro. Así que sí, hay valor en los sistemas actuales de monitoreo por sensores.

¿Cómo cree que evolucionarán las técnicas de monitoreo por sensores en los próximos años? ¿Qué hará que los agricultores de todo el mundo las utilicen?

Me está haciendo dos preguntas en una. La primera, relacionada a la investigación y la otra, a la adopción de una técnica o tecnología particular por parte de los agricultores. La agricultura de precisión tiene sólo entre 20 y 25 años, pero la agricultura tiene más de 1000 años, para que lo tengamos en cuenta. Sé que hoy en día estamos utilizando las tecnologías de la información para avanzar en nuestra agricultura, y esas TICS avanzan rápidamente. Pero tenemos que ser realistas en cuanto a lo que estas nuevas tecnologías nos pueden ofrecer. Mientras no tratemos de comprender y mejorar nuestra comprensión actual de los suelos y cultivos a partir de lo que está disponible comercialmente en el mundo sensorial, y desarrollemos técnicas y tecnologías científicamente comprobadas y reproducibles, creo que sería injusto esperar que los agricultores abandonen su forma de hacer agricultura para pegarse el salto y decir que ahora van a tomar decisiones agrícolas basadas en sensores. Creo que es un tema en el que estamos construyendo algo y tratando de usarlo al mismo tiempo. Así que habrá una curva de aprendizaje, y dolores de cabeza también. Lenta y en forma segura estamos progresando, y los agricultores están recogiendo y escogiendo aspectos del monitoreo por sensores, aspectos de la agricultura de precisión que actualmente encajan en sus operaciones. Creo que este será un largo viaje antes de que lleguemos ahí, pero creo que lo lograremos.■

Figura 3. Componentes del sistema de monitoreo para viñas Farmscan (iz.). Antena receptora de GPS/DGPS (arriba der.), monitor de rendimiento Canlink 3000 (centro der.) y células de carga ubicadas bajo la cinta transportadora de la cosechadora (abajo der.).



los sensores resistivos requieren un contacto adecuado entre las rejas y el suelo, y esto no siempre se logra si el suelo es seco o pedregoso. La idoneidad de los sensores de suelo en la agricultura ha sido reconocida por agricultores, técnicos y un gran número de investigadores. No sólo es una buena tecnología para cartografiar CEa junto con un sistema de georreferenciación, sino que también permite estimar la variación espacial de las propiedades del suelo como textura, capacidad de retención de agua, contenido de material orgánico, salinidad y profundidad del suelo. Además de permitir la delineación de zonas potenciales de manejo, los mapas de CEa son una herramienta útil para realizar muestreo del suelo y luego poder determinar las principales causas que afectan el rendimiento y/o calidad de la cosecha. Por otra parte, debe decirse que la detección del suelo no se centra únicamente en la medición de CEa por volumen. Hay otras tecnologías que se están desarrollando con relativo éxito. Nos referimos a la medida del contenido

de materia orgánica o agua por reflectancia óptica.

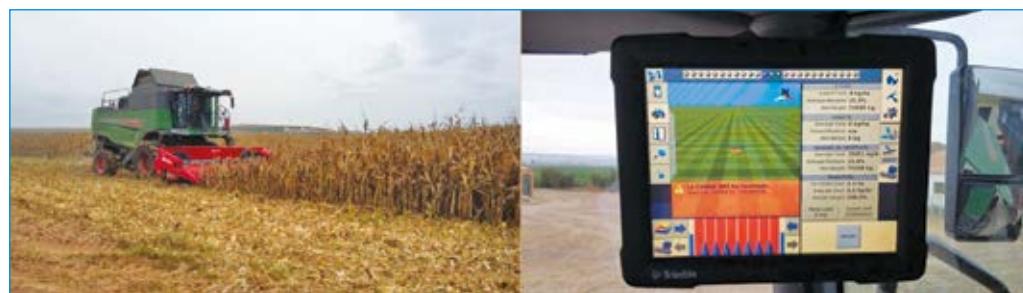
REGISTRO ESPECÍFICO DE LOS RENDIMIENTOS IN SITU: LA "PIEDRA ANGULAR" DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

El monitoreo del rendimiento es una fase fundamental cuando se implementa un programa de Agricultura de Precisión. Recientemente, en la Conferencia Europea sobre Agricultura de Precisión celebrada en Edimburgo (ECPA' 17), se ha recalcado una vez más que los mapas de rendimiento son fundamentales y no pueden reem-

plazarse por otra información cuando se interpreta la variabilidad espacial y los efectos de la gestión específica del sitio en los rendimientos. En todo caso, los mapas de rendimiento junto con el análisis del suelo, las variables de teledetección, el análisis fisiológico y químico de las vides y otros datos, pueden dilucidar por qué determinadas vides producen menos fruto que otras, tal como lo manifestó en esa Conferencia, E&J Gallo, una importante empresa vinícola de Estados Unidos. Los primeros monitores de rendimiento de uva se comercializaron en Australia en 1999. Un ejemplo de

esto se muestra en la Figura 3, que corresponde al sistema comercializado inicialmente por la empresa australiana Farmscan (Bentley, WA, Australia). Como se puede ver, el diseño es muy sencillo y se basa en un conjunto de células de carga que se instalan bajo la cinta transportadora de descarga de la vendimiadora. Mediante la medición del peso de la uva y otros parámetros requeridos (tales como la distancia recorrida por la cosechadora y el espaciamiento entre hileras), el monitor puede calcular el rendimiento en toneladas por hectárea y georreferenciar estos datos utilizando un sistema global de navegación por satélite (GNSS). El uso de monitores de rendimiento de uva también presenta ciertas dificultades, generalmente ligadas a aspectos logísticos y organizativos durante la vendimia en grandes campos. Siguiendo el ejemplo del viñedo y, tal como se menciona en un informe de ECPA' 17, los campos de más de 5-10 hectáreas tienen que ser cosechados por más de una máquina a la vez para poder entregar las uvas en la bodega oportunamente. Por lo tanto, el número de máquinas utilizadas simultáneamente requiere un método eficiente para manejar los datos adquiridos. En resumen, el mapeo de grandes bloques recolectados con múltiples máquinas implica que los monitores de rendimiento deben ser calibrados adecuadamente para evitar errores o falta de datos. En lo que respecta a cultivos de cereales, los mapas de rendimiento se elaboran a partir de los datos obtenidos por las cosechadoras combinadas. Una vez separado de la paja, se cuantifica la cantidad de grano en su camino hacia el depósito. En las co-

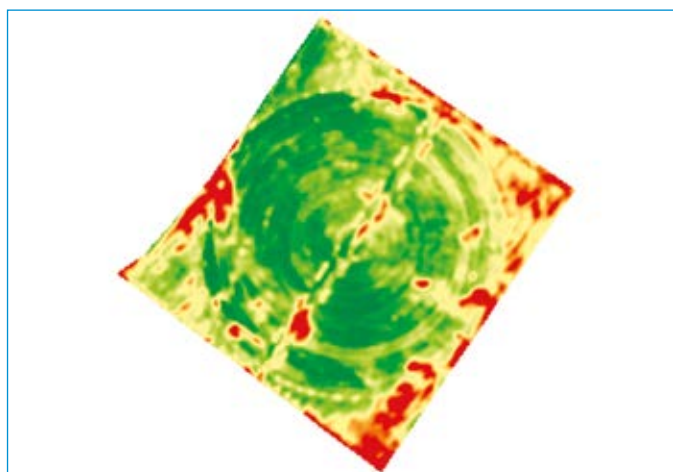
Figura 4. Cosechadora combinada (iz.) equipada con monitor de rendimiento (der.) para la captura sitio específica de rendimiento de maíz.



sechadoras se utilizan varios sistemas de medición volumétricos o de flujo másico, dependiendo del fabricante. Los sensores más usuales para este propósito son las placas de impacto y barreras de luz. Los primeros estiman el caudal másico del grano a partir del impacto del grano contra una placa calibrada. Los segundos utilizan sensores fotoeléctricos para detectar la cantidad de luz interceptada por el grano y correlacionarla con el caudal volumétrico. En este caso (sensor óptico), el sistema se complementa

preprocesados (filtrado, corrección, completación, homogeneización, etc.) e interpolados mediante métodos geoestadísticos para obtener finalmente el mapa de rendimiento (Fig. 5) con una precisión normalmente buena en torno al 3,5-4%. Además, las mediciones continuas de la calidad del grano también están disponibles comercialmente en las cosechadoras combinadas, como el contenido de humedad y, más recientemente, el contenido de proteína del grano. Generalmente se basan en técnicas NIRS

Figura 5. Mapa de rendimiento de un campo de maíz regado mediante sistema de pivote central. Se puede ver que los rendimientos más bajos (áreas pálidas y rojizas) se ubican en las áreas fuera del pivote, en las esquinas regadas por el aspersor. Aparte de algún posible problema de suelo, el agricultor debería investigar la dosis y uniformidad de las áreas regadas por el aspersor.



con sensores de inclinación para lograr una medición correcta, incluso en cosecha con pendiente. Como el sistema de medición se basa en el principio del caudal volumétrico, los datos se convierten en flujo másico al contabilizar la densidad del grano. En las cosechadoras combinadas, al igual que en las cosechadoras de uva, el principio de registro de rendimiento específico del lugar es simple, y básicamente consiste en dividir la producción de grano del sensor (t/h) por la superficie cosechada correspondiente (ha/h) que se determina a partir de la velocidad y ancho de trabajo. Las lecturas de los sensores se registran sincrónicamente con las coordenadas GNSS para ser procesadas posteriormente y obtener mapas de rendimiento (Fig. 4). Para ello, los datos de rendimiento bruto deben ser

(espectroscopia infrarroja cercana). Además de obtener mapas de rendimiento y calidad, otra ventaja para el agricultor es la posibilidad de conocer la extracción específica de N en el sitio y definir, por ejemplo, un mapa de prescripción para la fertilización variable a partir de la absorción de N. El uso y calibración adecuados de estos sistemas de monitoreo es crucial. Los agricultores y operadores de cosechadoras deben tener en cuenta que los datos pueden contener errores de varias fuentes: posicionamiento (GNSS), calibración, cambios no detectados en el ancho de trabajo, etc. Además, antes de la cosecha, deben comprobar que el tiempo que los granos recolectados toman de la barra de corte para pasar delante del sensor (desfase) haya sido ajustado correctamente. ■

NEWAG INTERNATIONAL
ACADEMY

PROGRAMME
18-27th June, 2018

8 Days
3 Countries
6 Sectors
Exclusive Insight

Stay tuned with the impact of technologies on your business

Plant Nutrition - Biostimulants
Biological Plant Protection - Irrigation/Fertigation
Greenhouse Cropping - Precision Agriculture

WHAT TO EXPECT

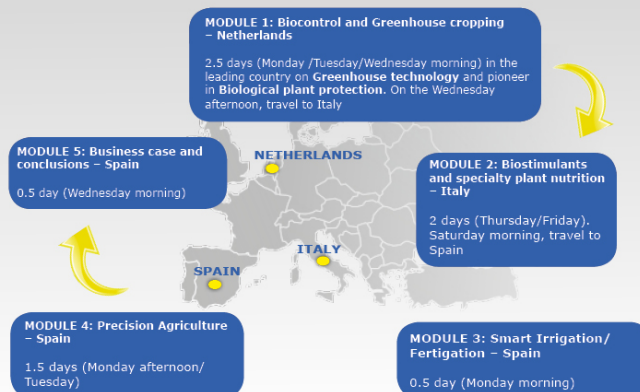
During 8 days (with a weekend in the middle to relax and network with other participants) across 3 European countries, the programme pictures agronomical dimension and market dynamics (Size, main players and products, leading services, success stories, driving regulations...).

The programme exposes participants to emerging trends, change makers, opportunities and challenges in the global ag. market and shows how growers, agribusinesses and policymakers are adjusting to them using state-of-the-art information and technologies.

This programme contributes to improve organisation performance of participants as it evaluates opportunities in a global context, identifies best routes to growth, anticipates changes in industry structure that affect business practices, maximises potential and reduces risk as a manager leads expansion into new markets, creates alliances that will drive profits, highlights the latest business models and best practices.

CURRICULUM

Participants will arrive on Sunday evening and transfer to the hotel that will serve as meeting point. The programme will start on Monday morning and finish on Wednesday midday the week following.





Lo que se vio en la 11ª Conferencia Europea de Agricultura de Precisión

La ECPA, por sus siglas en inglés, se llevó a cabo en Edinburgo los días 16-20 de julio de 2017. Ya han transcurrido 20 años desde que se convocó a la primera ECPA, en 1997, en Warwick University (UK), en la que se cubrieron los principales aspectos de la disciplina en aquella época: variabilidad espacial de suelo y cultivo, tecnología de la información y manejo de cultivos. La ECPA 2017 continuó con el exitoso formato de las anteriores conferencias, al tender un sólido puente entre la industria y la academia. El título del evento, 'Innovando con Investigación', permitió la participación de todos los involucrados en AP. Los papers cubrieron una amplia variedad de aplicaciones de AP, desde las áreas más tradicionales como sensores para nitrógeno y sensores de desarrollo de cultivos, hasta áreas más emergentes tales como analítica de datos, sistemas de información y uso de vehículos aéreos no tripulados (drones). Como reflejo de la región donde se realizó la conferencia, en el norte de Europa, la pradera fue el sistema productivo dominante. El profesor Martínez-Casasnovas y el equipo de la Universidad de Lleida lo relata para New Ag International.

LECCIONES PARA LA CASA DE 20 AÑOS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN (AP)

Diferentes conferencistas desarrollaron una sesión plenaria sobre los pasados 20 años de agricultura de precisión desde diversas perspectivas, ofreciendo así una exhaustiva revisión desde los inicios de la AP, a fines de los 90', hasta el presente.

El Dr. Sudduth (del USDA) mostró los desarrollos iniciales de la AP basados en mapas de rendimiento, los que fueron posteriormente completados con mapeo en base a la conductividad eléctrica aparente del suelo. Sin embargo, los primeros pasos de la AP se dieron en la década de 1920 en la Universidad de Illinois, EEUU, con la generación de mapas de variabilidad de pH del suelo en base a muestreo de suelo en grilla. Así mismo, mostró cómo ha crecido la investigación en las pasadas décadas, no solo en países grandes como EEUU o Australia, sino también en Europa, con España como segundo país en número de artículos revisados por pares en la revista de AP (Springer).

Desde el punto de vista de la industria, M. Moore (AGCO) destacó que la integración es uno de los principales desafíos. Esto implica la colaboración de todos los agentes involucrados en AP (desarrolladores de aplicaciones, institutos de investigación y universidades, industria y agricultores); y, también en opinión de la industria, así mismo la integración de tecnología. La cadena de proveedores puede ser larga y com-

pleja, por lo que la llegada a los productores puede ser complicada. Desde el punto de vista de los agricultores, la tecnología es por lo general fragmentada, dejando que el agricultor sea el sistema integrador en tanto que el soporte local es a menudo deficiente. "Podemos esperar que en el futuro no habrá campos de investigación y campos comerciales, sino que será algo intermedio". Es necesario que quienes desarrollan la tecnología, compañías de servicio y técnicos, vayan a los campos y vean cómo se puede aprender en conjunto. La industria debe promover la colaboración entre los diferentes sectores para ofrecer a los productores sistemas compatibles llave en mano. "Es la agricultura del futuro: sentarse juntos y cooperar". Moore afirmó que ya existen soluciones a la medida pero que todavía falta integrar el conocimiento local con el conocimiento agronómico y la tecnología para asegurarse de que la propuesta de valor se puede lograr a nivel de huertos. "La agricultura del futuro está abordando los desafíos experimentados durante los pasados 20 años. La tecnología no es el problema, el problema es llevar la tecnología hasta los productores de modo que los agricultores ya no sean el sistema integrador".

FÁCIL DE USAR Y BARATO SON LAS PRINCIPALES CLAVES PARA LOS AGRICULTORES

El punto de vista de los agricultores fue desarrollado por N. August (de

Douglas Bomford Trust & August Farms). August se presentó como un apasionado de la tierra y como parte del creciente número de productores que han incorporado la agricultura de conservación y la agricultura de precisión en su campo de Oxfordshire (UK) en los pasados 20 años. August comenzó con mapas de rendimiento. "Es la línea base por la que se miden todas las otras variables". Después se dio cuenta de que el suelo es donde comienza casi toda variabilidad del cultivo y comenzó a trabajar con muestreos en grilla de nutrientes del suelo para detectar deficiencias que pudieran ser compensadas. Luego, el año pasado, experimentó con la tecnología de sensores Veris para mapear conductividad eléctrica aparente del suelo. "Fue la última metodología adoptada, pero debió ser la primera ya que es una manera fácil y rápida de mapear la probable variabilidad de las propiedades del suelo dentro de los campos". Adicionalmente, fue incorporando a la línea base de AP de su campo, prácticas tales como control de tráfico y manejo de nitrógeno de precisión. Desde el punto de vista de este agricultor de precisión, los desafíos para una completa adopción de la AP son: una mejor conectividad de las diferentes tecnologías, compatibilidad retroactiva que no restrinja aun solo fabricante, debe ser tecnología barata y fácil de usar, mejorar el autodiagnóstico, mayor capacitación (a agricultores, operadores y técnicos) y

programadores que entiendan mejor los productos y los usuarios para los que están desarrollando las aplicaciones.

El Dr. Ian Yule, del Centro de Agricultura de Precisión de Nueva Zelanda, Universidad Massey y presidente electo de la International Society of Precision Agriculture (ISPA), ofreció la charla plenaria sobre satélites en el Manejo de Precisión de Praderas & Ganado de Pastoreo. Yule enfatizó que la nueva agricultura digital conecta agricultores y agrónomos, agroindustrias, mediamambientalistas y políticos. "Debemos entender el propósito y el valor de cada aplicación, por ejemplo, comprender tanto la ciencia agronómica como la tecnología. Necesitamos investigar y desarrollar tecnología asequible, bajando los costos".

La 11ª ECPA 2017 mostró que la AP es un nuevo paradigma en operación y que ya es parte del día a día de las actividades del campo. Sin embargo, todavía quedan grandes desafíos que enfrentar: educación y/o capacitación en operación de AP, integración de tecnología, desarrollo de estándares, cooperación entre los agentes involucrados, automatización de la toma de decisiones y reducción de costos (entre otras). Tendremos una nueva oportunidad de conocer los avances de estos desafíos en la 12ª ECPA (julio de 2019) que se llevará a cabo en Montpellier (Francia), organizada por el Dr. Bruno Tisseyre y su grupo del Montpellier SupAgro/IRSTEA. ■